

ВЛИЯНИЕ УСКОРЯЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ИМПУЛЬСНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ИОНАМИ Cr^+ НА СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ, МОРФОЛОГИЮ ПОВЕРХНОСТИ И МИКРОТВЕРДОСТЬ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Ст3

Воробьёв В.Л.

Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск

vasily_1.84@mail.ru

Исследовано влияние ускоряющего напряжения импульсного облучения (20, 30, 40 кВ) ионами Cr^+ на состав и микротвердость поверхностных слоев, а также морфологию поверхности стали Ст3. Установлено уменьшение максимума концентрации ионно-легированного хрома от 22 до 13 ат.% с увеличением ускоряющего напряжения. Выявлено формирование в поверхностных слоях облученных образцов оксидов Cr_2O_3 , CrO_2 , CrO_3 и FeO , Fe_2O_3 . Показано увеличение микротвердости на 20% после облучения с ускоряющим напряжением 20 кВ.

Актуальность. Эксплуатационные свойства металлов и сплавов определяются структурно-фазовым состоянием поверхностных слоев и их можно значительно улучшить путем модифицирования поверхности. Одним из методов поверхностной обработки, активно развивающегося в последнее десятилетие является ионная имплантация [1-2]. Однако трудность применения метода ионной имплантации связана с недостаточной изученностью процесса связи параметров имплантируемых ионов (энергия, плотность ионного тока, доза облучения) с их концентрацией в твердом теле, а также с отсутствием методик выбора технологических режимов обработки. Поэтому, целью работы являлось исследование влияния ускоряющего напряжения (20, 30, 40 кВ) в процессе импульсного облучения ионами Cr^+ на состав поверхностных слоёв, микротвёрдость и морфологию поверхности углеродистой стали Ст3.

Результаты и их обсуждение. Имплантация ионов хрома в сталь в импульсно-периодическом режиме приводит к изменению элементного состава поверхностных слоев стали. Во-первых, происходит ионно-лучевое легирование хромом. Причем, с увеличением ускоряющего напряжения максимум концентрационного распределения хрома уменьшается от 22 до 13 ат.% (рис. 1). Во-вторых, практически при всех режимах облучения зафиксировано увеличение содержания кислорода за исключением облучения при максимальном ускоряющем напряжении. В этом случае, концентрационный профиль распределения кислорода практически повторил концентрационный профиль кислорода в поверхностных слоях исходного образца.

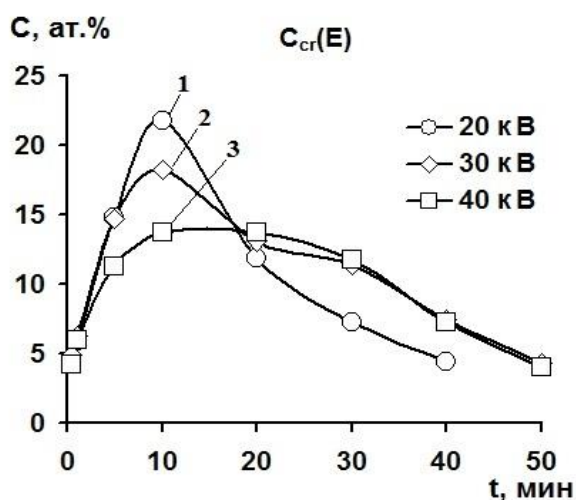


Рис. 1. Изменение содержания хрома по глубине в образцах стали Ст3, облученных ионами Cr^+ с $U=20$ (1), 30 (2) и 40 кВ (3). По оси абсцисс 1 мин. соответствует 1 нм.

Анализ РФЭС спектров $2p_{3/2}$ Cr и $2p_{3/2}$ Fe свидетельствует о формировании в поверхностных слоях облученных образцов таких оксидов, как Cr_2O_3 , CrO_2 , CrO_3 и FeO , Fe_2O_3 (рис. 2). Выявлено уменьшение содержания оксидов хрома и железа с увеличением ускоряющего напряжения и, как показали термодинамические расчеты, это обусловлено ростом температуры образцов и процессами диссоциации оксидов при облучении.

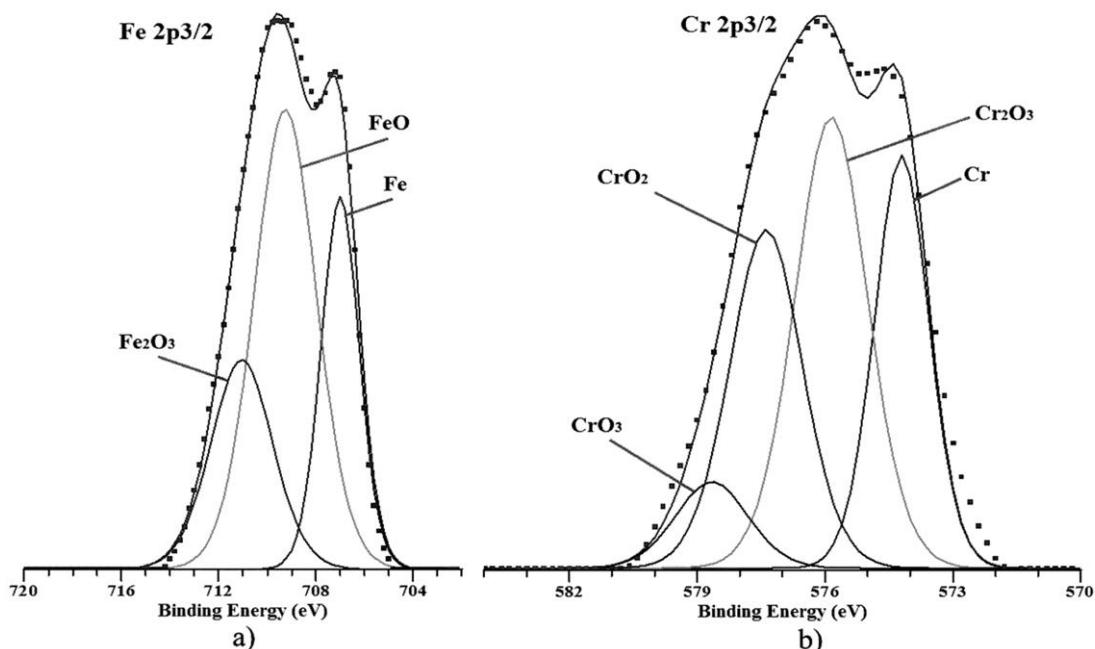


Рис. 2. РФЭС спектры Fe $2p_{3/2}$ (a) и Cr $2p_{3/2}$ (b) на глубинах ~ 10 и ~ 30 нм, соответственно, в образце, облученном ионами Cr^+ с ускоряющим напряжением 20 кВ.

Исследования методом измерения микротвердости выявили ее увеличение на 20 % после облучения с ускоряющим напряжением 20 кВ (рис. 3). С увеличением ускоряющего напряжения значение микротвердости снижается до уровня, соответствующего значению микротвердости образцов в исходном состоянии.

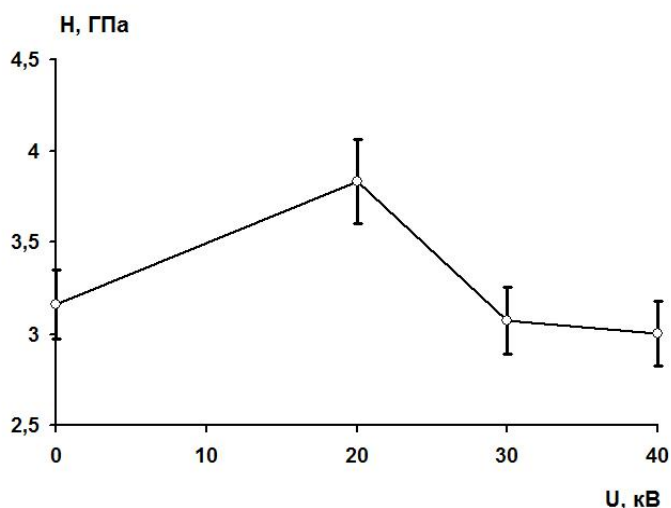


Рис. 3. Изменение микротвердости образцов до и после облучения ионами Cr^+ с ускоряющими напряжениями 20, 30 и 40 кВ, соответственно.

Естественно предположить, что увеличение микротвердости обусловлено образованием радиационных дефектов [3], а также упрочнением оксидами хрома и железа. С увеличением ускоряющего напряжения вследствие роста температуры образцов и увеличения интенсивности воздействия ионного пучка на образец, генерируются процессы термического [3] и радиационно-стимулированного [4] отжига дефектов, образованных в процессе ионного облучения, что, как следствие, не приводит к увеличению микротвердости и изменению параметра решетки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №14-02-31488

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Шулов В.А. и др. Усталостная прочность металлов и сплавов, подвергнутых ионно-лучевой обработке // Физика и химия обработки материалов, 2004, №4, С. 17 – 26;
2. Легостаева Е.В., Шаркеев Ю.П. Закономерности и механизмы износа феррито-перлитной стали, имплантированной ионами молибдена // Трение и износ. 2002. Т. 23. № 5. С. 529–536.
3. А.П. Гуляев. Металловедение. Металлургия, М. (1977). 648 с.
4. В.В. Овчинников. Радиационно-динамические эффекты. Возможности формирования уникальных структурных состояний и свойств конденсированных сред // Успехи физических наук, 2008, Т178, №9, С. 991 - 1001.